

# 水泥稳定粒料基层配合比设计与施工质量控制研究

武晓敏 余帆

新疆公路桥梁试验检测中心有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 831400

**【摘要】**：水泥稳定粒料基层凭借其强度高、稳定性好、刚度大以及整体性强等显著优势，在公路路面工程中得到了广泛的应用，是路面结构中的核心承重层，其质量直接决定了公路的使用寿命和行车安全性。本文以水泥稳定粒料基层为研究对象，系统探讨了其配合比设计的原则、流程及关键技术要点，深入分析了施工全过程各环节的质量影响因素，并针对性地提出了施工质量控制措施，旨在为水泥稳定粒料基层的合理设计与高质量施工提供理论参考和技术支持。

**【关键词】**：水泥稳定粒料；配合比设计；施工质量控制

DOI:10.12417/2811-0536.26.04.073

## 引言

随着我国交通运输事业的快速发展，公路交通流量不断增大对公路路面的承载能力及耐久性提出了更高的要求。水泥稳定粒料基层作为半刚性基层的主要形式之一，因其具有良好的力学性能和经济合理性，被广泛应用于各级公路的路面结构中。因此，深入开展水泥稳定粒料基层配合比设计与施工质量控制研究，对于提高公路工程质量、保障交通安全畅通具有重要的现实意义。

## 1 水泥稳定粒料基层配合比设计相关理论

### 1.1 水泥稳定粒料的组成与强度形成机理

水泥稳定粒料是由水泥集料水以及必要的外加剂按一定比例混合均匀，经摊铺碾压养生后形成的半刚性材料。其中集料作为骨架，承担着主要的荷载传递作用；水泥作为胶结材料，与水发生水化反应生成水化产物，将集料颗粒胶结在一起，形成具有一定强度和整体性的基层结构；水的作用是满足水泥水化反应的需要，同时使混合料具有良好的和易性，便于施工。水泥稳定粒料的强度形成机理主要包括水泥的水化硬化作用、集料颗粒的嵌挤作用以及水化产物与集料之间的粘结作用。水泥与水发生水化反应，生成硅酸钙凝胶、氢氧化钙等水化产物，这些水化产物填充在集料颗粒之间的空隙中，将集料颗粒紧密胶结在一起，形成牢固的整体结构。同时，集料颗粒之间的相互嵌挤形成骨架结构，增强了基层的承载能力和稳定性。

### 1.2 配合比设计的原则

水泥稳定粒料基层配合比设计需遵循多重核心原则，其中强度要求是基础，确保基层七天无侧限抗压强度符合设计规范，能够有效承受车辆荷载作用；稳定性要求不可或缺，需保证混合料具备良好的水稳定性和温度稳定性，避免在使用过程中因水侵蚀或温度

变化产生病害；施工和易性同样关键，混合料应具备良好的拌和性摊铺性和碾压性，为施工操作提供便利；经济性原则要求在满足工程质量的前提下，尽量减少水泥用量以降低工程成本。这些原则相互关联，共同保障配合比设计的合理性与实用性。

## 2 水泥稳定粒料基层配合比设计流程与关键技术

### 2.1 原材料的技术要求与选择

原材料质量是保障水泥稳定粒料基层质量的根本前提，因此在配合比设计开展前，必须对各类原材料进行严格检验，确保其符合相关规范标准。水泥应选用强度等级为32.5或42.5的普通硅酸盐水泥矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥，其初凝时间需大于三小时，终凝时间需大于六小时且小于十小时，安定性细度强度等指标均应符合通用硅酸盐水泥相关标准要求，快硬水泥早强水泥以及已受潮变质的水泥严禁使用。集料应选择质地坚硬表面洁净级配良好的碎石砾石或破碎砾石，最大粒径不应超过31.5毫米，级配需符合公路路面基层施工技术相关细则要求，压碎值不大于百分之三十，针片状颗粒含量不大于百分之二十，含水量和含泥量也需符合规定，其中含泥量不大于百分之三。水则应选用清洁无杂质的饮用水或符合相关标准的水源，含有油污泥砂有机物等有害杂质的水不得使用，防止影响水泥水化反应和混合料强度。

### 2.2 配合比设计流程

水泥稳定粒料基层配合比设计需遵循科学的流程逐步推进。首先要确定集料级配，通过对选取的集料进行筛分试验，依据试验结果结合规范要求的级配范围，调整集料配合比例，形成符合要求的集料级配，合理的集料级配能确保颗粒间相互嵌挤，空隙得到充分填充，直接影响混合料的密实度和强度。随后初步确定水泥剂量范围，结合设计要求的基层强度等级、

工程经验及相关规范，一般水泥稳定粒料基层的水泥剂量宜控制在百分之三至百分之六之间，其中高速公路和一级公路的水泥剂量不宜超过百分之五，二级及以下公路可适当提高但不宜超过百分之六。在此基础上制备不同配合比的混合料，针对每个水泥剂量，需制备至少三个不同含水量的试件，含水量分别为预估最佳含水量的负百分之二、零和正百分之二。之后对每个水泥剂量的混合料开展击实试验，根据试验结果绘制含水量-干密度关系曲线，确定对应的最佳含水量和最大干密度，最佳含水量是确保混合料在一定压实功作用下达到最大干密度的关键参数，此时压实效果最佳且强度最高。完成击实试验后，依据确定的最佳含水量和最大干密度制备各水泥剂量的无侧限抗压强度试件，在温度二十加减二摄氏度、相对湿度百分之九十五以上的标准养生条件下养生七天后进行试验，每个水泥剂量至少制备六个试件，取平均值作为该剂量的七天无侧限抗压强度。最后根据试验结果确定最终配合比，优先选择强度符合设计要求且水泥剂量合理的方案，若多个剂量均满足要求，应选取水泥剂量最小的配合比以控制工程成本，同时需验证该配合比混合料的施工和易性，保障施工顺利开展。

配合比设计的关键技术要点集中在集料级配优化、水泥剂量合理控制以及最佳含水量准确确定三个核心方面。集料级配应采用连续级配以保证颗粒间良好的嵌挤效果，调整过程中需精准控制不同粒径集料的比例，避免出现断级配现象，对于级配不良的集料，可通过掺加不同粒径集料进行调整，确保其符合规范要求的级配范围。水泥剂量作为影响基层强度的关键因素，剂量过高不仅会增加工程成本，还会导致基层收缩裂缝增多；剂量过低则无法满足强度要求，因此需通过试验准确确定满足强度要求的最小水泥剂量。最佳含水量的准确确定直接关系到混合料的压实效果和强度形成，击实试验过程中需严格控制试验条件，保障试验结果的准确性，同时在实际施工中，要根据现场集料的实际含水量及时调整加水量，使混合料含水量接近最佳含水量。

筛孔尺寸 毫米	31.5	26.5	19.0	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
累计筛余 百分率	0	8	22	45	68	82	93	98

上表1为某工程集料筛分试验结果，从数据可以看出，该集料累计筛余百分率符合基层用集料连续级

配要求，能够形成良好的骨架嵌挤结构。通过此类筛分试验可精准掌握集料级配情况，为后续级配优化提供数据支撑，确保混合料具备良好的密实度和强度基础。

### 3 水泥稳定粒料基层的施工质量控制

水泥稳定粒料基层的施工质量控制是一个全过程的控制过程，包括施工准备阶段、拌和阶段、摊铺阶段、碾压阶段和养生阶段等各个环节。每个环节的质量控制都至关重要，任何一个环节出现问题，都可能导致基层质量下降。

#### 3.1 施工准备阶段

水泥稳定粒料基层施工质量控制贯穿于施工全过程，各个环节紧密衔接、相互影响，任何一个环节出现疏漏都可能导致基层质量下降。施工准备阶段作为质量控制的前提，需做好多方面工作，其中原材料的再次检验必不可少，要对进场的水泥集料水等进行全面复核，确保其质量符合相关规范和配合比设计要求，不合格原材料严禁进场使用。施工机械设备的检查与调试也至关重要，拌和设备摊铺设备碾压设备等主要设备的性能需保持良好，计量系统准确无误，同时要通过调试使设备的拌和均匀性、摊铺速度与厚度控制精度、压实功率等符合施工要求。下承层的质量直接影响基层施工质量和整体稳定性，施工前需对其压实度平整度纵断高程横坡等指标进行全面检查，若存在松散坑槽积水等问题，需及时处理并平整压实后才能开展基层施工。此外，还应结合工程实际编制详细的施工方案，明确施工工艺流程、质量控制要点和安全保障措施，并对施工人员进行全面技术交底，确保施工人员熟悉要求，实现规范化操作。

#### 3.2 拌和阶段

拌和阶段是保障混合料质量的关键环节，其质量控制效果直接影响基层的强度和稳定性。在拌和过程中，需严格遵循确定的配合比进行配料，确保水泥集料水的用量准确无误，要定期检查拌和设备的计量系统并及时校准，避免出现计量偏差。混合料的拌和均匀性同样重要，需控制好拌和时间，一般不少于九十秒，确保水泥能充分均匀地包裹在集料颗粒表面，同时要密切观察混合料的外观质量，保证其颜色均匀，无明显水泥团和集料分离现象。含水量的控制也不容忽视，需根据集料的实际含水量和最佳含水量及时调整加水量，使混合料含水量比最佳含水量略高百分之零点五至百分之一，以此弥补摊铺和碾压过程中的水分损失，因为含水量过高或过低都会影响压实效果，

最终导致基层强度不足。

水泥剂量百分率	最佳含水量百分率	最大干密度克每立方厘米
3	5.8	2.25
4	6.2	2.28
5	6.5	2.30

由上表 2 可知，随着水泥剂量的增加，混合料的最佳含水量逐渐上升，最大干密度也随之增大。这是因为水泥水化反应需要更多水分，而水泥的加入也提升了混合料的密实程度。在实际拌和过程中，需根据不同水泥剂量对应的最佳含水量精准控制加水量，结合现场集料含水量动态调整，确保混合料性能稳定。

### 3.3 摊铺阶段

摊铺阶段的质量控制直接关系到基层的平整度和厚度均匀性，进而影响路面整体性能。摊铺速度的控制需结合拌和设备的生产能力、摊铺宽度和厚度合理确定，一般控制在一至三米每分钟。速度过快易导致混合料摊铺不均匀，影响平整度；速度过慢则会降低施工效率，且可能造成混合料在摊铺过程中失水过多，不利于后续压实。摊铺厚度需依据设计厚度和松铺系数进行把控，松铺系数通常通过试验确定，一般在一点二至一点四之间，摊铺过程中要随时检查厚度并及时调整摊铺设备高度。平整度的控制可通过调整摊铺设备熨平板高度和速度实现，确保摊铺后混合料表面平整，无波浪坑洼等现象。同时，要尽量减少混合料离析，可通过调整摊铺设备螺旋布料器转速、控制混合料下落高度等措施实现，对于出现离析的部位，需及时人工补料修整，保证混合料均匀一致。

### 3.4 碾压阶段

碾压阶段是使混合料达到规定压实度的核心环

节，直接决定基层的强度和稳定性。合理的碾压方案需结合混合料性质、摊铺厚度和压实设备性能确定，碾压过程应遵循先轻后重、先慢后快、先边后中、先低后高的原则，机械组合通常采用轻型压路机初压、重型压路机复压、轻型压路机终压的方式。碾压时机的把控至关重要，需在混合料含水量接近最佳含水量时进行，此时压实效果最佳，含水量过高易出现弹簧现象，过低则难以压实达到规定压实度，同时要避免在水泥初凝后碾压，防止影响基层强度。压实度的检测需贯穿碾压全过程，可采用环刀法或灌砂法，高速公路和一级公路基层压实度需不小于百分之九十八，二级及以下公路不小于百分之九十六，若压实度不足，需增加碾压遍数或调整碾压方案，直至符合要求。

## 4 结语

本文通过对水泥稳定粒料基层配合比设计与施工质量控制系统的研究，得出以下核心结论。

(1)水泥稳定粒料基层配合比设计需统筹兼顾强度稳定性施工和易性及经济性原则，核心在于通过科学试验确定合理的集料级配、水泥剂量和最佳含水量，确保混合料七天无侧限抗压强度符合设计要求，为基层质量奠定基础。原材料质量是配合比设计合理性和施工质量的根本保障，必须严格把控水泥集料水等各类原材料的技术指标。

(2)水泥稳定粒料基层施工质量控制需贯穿全过程，施工准备阶段要做好原材料复检、设备调试、下承层处理和技术交底；拌和阶段重点控制配合比、拌和均匀性和含水量；摊铺阶段注重速度、厚度和平整度控制，减少离析；碾压阶段确定合理方案、把控时机并确保压实度；养生阶段及时覆盖保湿、控制时间湿度并禁止车辆通行，各环节协同配合才能保障施工质量。遵循合理的配合比设计方法和严格的施工质量控制措施，能够保证水泥稳定粒料基层工程质量，满足设计使用要求。

### 参考文献:

[1] 王静.水泥稳定碎石混合料配合比设计[J].建筑工程技术与设计,2019,8(7):219.  
 [2] 孟庆军.水泥稳定碎石基层施工质量控制研究[J].交通世界,2021(18):128-129.  
 [3] 孙鹏.解析市政道路施工中水泥稳定碎石基层施工工艺[J].中国建设信息化,2021(1):73-75.